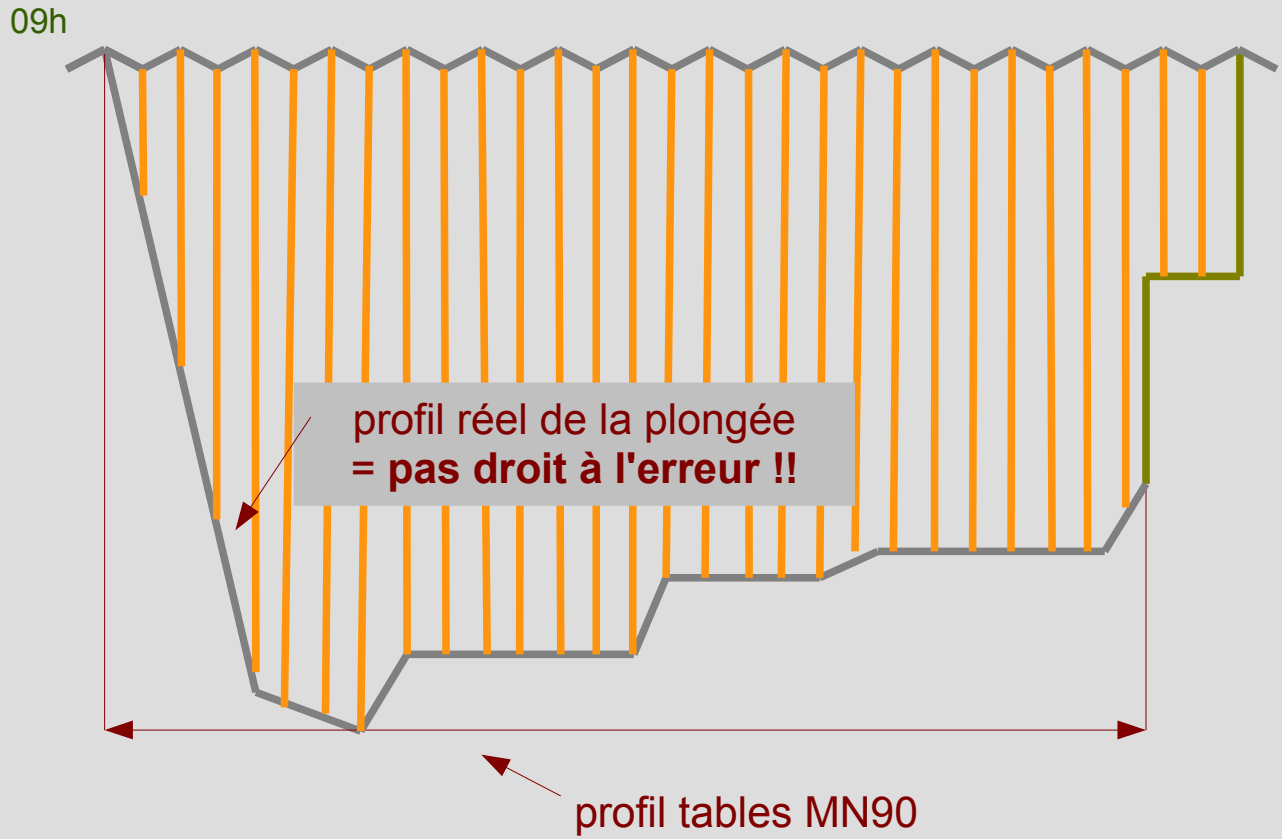
NIVEAU 3

Les ordinateurs

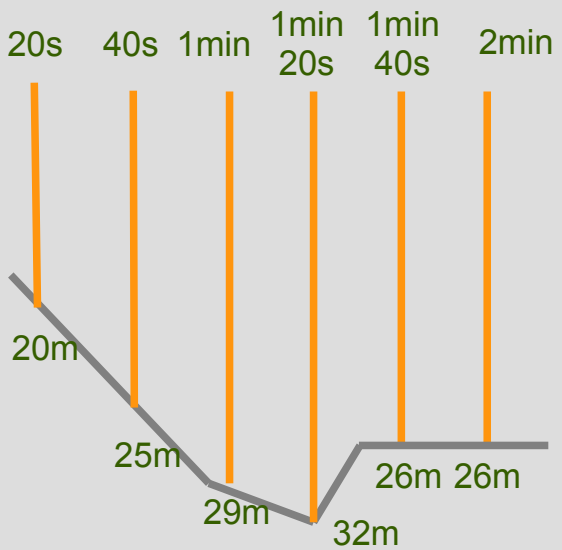
Principe

Les tables utilisent un profil « carré » : prise en compte de la profondeur maximale atteinte par le plongeur comme la profondeur de toute la plongée...



Les ordinateurs utilisent un profil « en tranches » : la profondeur est calculée à intervalles réguliers et mémorisée. Le calcul des paliers se fera en prenant en compte chaque profondeur à chaque intervalle...

ex. Suunto Vyper (config. d'origine)
fréquence d'échantillonage = 20s



nicolas cimolino | CSR | 2009

Différents types d'ordinateurs

- Ordinateur de poignet

- Ordinateur à gestion d'air

- Ordinateur montre

- Ordinateur en console

- Ordinateur 2 gaz et + (modifiable en plongée)

Différents ordinateurs

Modèles

	BEUCHAT	CRESSI	MARES	SUUNTO	UWATEC (SCUBAPRO)
Poignet	Voyager Evo 09	Archimede 2	Puck wrist M2 RGBM	Gekko Vyper Cobra Helo 2 (3 gaz)	Aladin prime Aladin Tec 2G
Gestion d'air			Mission 2	Vyper air HelO2 D9	Galileo luna Smart com
Montre		EDY 2	Nemo Excel Nemo Sport	D4 D6 D9 (3 gaz)	Xtender
Console			Puck air	Gekko Cobra 3	Smart com
Poignet (gros écran)			Nemo Wide Icon HD		Galileo sol Galileo Terra Galileo Luna

Les modèles de décompression

Les algorithmes

BEUCHAT	CRESSI	MARES	SUUNTO	UWATEC (SCUBAPRO)
Bühlmann ZHL-16C	Bühlmann ZL-L12	Mares-Wienke RGBM	Suunto RGBM	Bühlmann ZH-L8 ADT
12 compartiments Périodes : 2,5 à 480 min	12 compartiments Périodes : 5 à 640 min	/ /	9 compartiments Périodes : 2,5 à 480 min	8 compartiments Périodes : 5 à 640
Profils de plongées multiprofondeur successives sans décompression testés par les Drs Ray Rogers et Michael Powell.	Algorithme très semblable au ZH-L16, mais moins pénalisant en ce qui concerne la température de l'eau et les dépassements répétés de la vitesse de remontée.	Modèle à faible gradient de bulles Intègre le phénomène des microbulles de manière à empêcher leur formation au maximum.	Modèle à faible gradient de bulles Algorithme prenant en compte les gaz en phase dissoute ou phase gazeuse dans le sang ou les tissus du plongeur.	Adapte continuellement le plan de décompression pendant la plongée par la détection de facteurs de risques tels que l'eau froide, des remontées rapides ou le risque de formation de microbulles.

Les modèles de décompression

Le plus répandu est le modèle de Haldane (1907) qui est un modèle par perfusion

L'hypothèse d'Haldane repose sur le fait :

- qu'il y a un équilibre instantané au niveau des alvéoles
- qu'il y a vascularisation parfaite des tissus et équilibre instantané des échanges sang/tissus en gaz inerte
- qu'une liste de compartiments bien sélectionnés permet une approximation de l'organisme
- que chaque compartiment absorbe (charge) et élimine (décharge) le gaz inerte selon la même loi

Les modèles de décompression
Modèle de Bühlmann

L'évolution du modèle de Haldane :

- 5 compartiments dans le 1er modèle en 1907
- 3 compartiments dans le modèle US Navy en 1937
- 7 compartiments dans les tables GERS 65
- 12 compartiments dans les tables MN90
- 6, 8, 12 ou 16 compartiments selon les modèles de Bühlmann (années 80).

◎ Le **modèle de Bühlmann** est une amélioration du modèle Haldanien : en proposant une vitesse de remontée lente de 10m/min, il diminue la formation des micro-bulles à la remontée.

Les micro-bulles :

Pendant longtemps on considérait que seul une décompression sans formation de bulles permettaient d'éviter l'accident de décompression. Dans les années 70 on découvrit que la plupart des plongées, même celles dans la courbe de sécurité, provoquaient la formation de petites bulles circulantes.

Ces bulles circulantes (qu'on appellera aussi bulles asymptomatique, car elles ne provoquent pas de symptômes ou bulles silencieuses) en quantité raisonnable ne provoqueront pas d'accident de décompression. Elles **seront éliminées** au niveau des poumons par la respiration.

Ces bulles présentes dans la circulation sanguine auront différents effets :

- en fonction de la quantité elles perturberont la circulation sanguine au niveau des poumons, ce qui diminuera l'élimination de l'azote
- en cas de plongées yoyo ou successives rapprochées, leur taille diminuant pendant la descente, elles pourront passer à travers le filtre pulmonaire, se trouvant du coté artériel elles deviendront potentiellement dangereuses
- pour les personnes souffrant d'un foramen ovale perméable (env. 15-30% de la population selon les études), les bulles pourront passer du coté gauche au coté droit du cœur et se retrouver dans la circulation artérielle

- de toute façon elles se rajouteront à d'éventuelles bulles produites par un début d'accident de décompression.

◎ L'étape suivante fut l'utilisation de modèles type **RGBM** (modèle faible gradient de bulles)

Le principe des algorithmes type RGBM, c'est que les calculs ne se font plus sur l'azote dissous dans les tissus mais sur le nombre et la croissance des bulles (phase gazeuse).

Le principe théorique de base du RGBM est qu'en effectuant des paliers plus profonds que dans les algorithmes standards, on diminue la formation des micro-bulles et on aura une meilleure décompression. On pourrait donc diminuer les paliers peu profonds. **Évolution** : modèle RGBM DS (Deep Stop) qui propose un palier de 1 à 2 minutes à mi-profondeur...

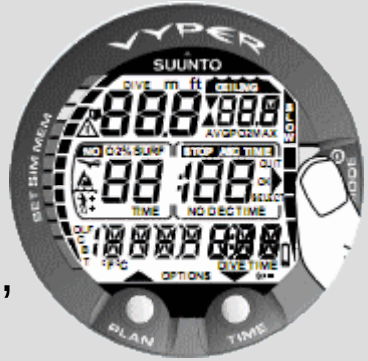
Remarque : les fabricants d'ordinateurs aimant innover mais sans prendre de risque, on aura avec les algorithmes RGBM des paliers profonds en plus mais sans diminuer pour autant les paliers moins profonds !

Les conditions d'utilisation

Conditions d'utilisation (1)

Conditions d'utilisation

Lire la notice !!



- **Phase d'initialisation** : affiche toutes les infos, calage du 0m, état de la pile,...
  - ➲ Il est très important d'allumer l'ordinateur à la surface avant l'immersion

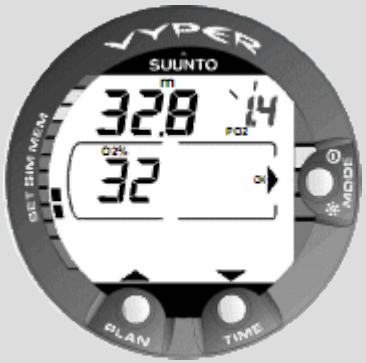
- **Personnalisation des paramètres** = possibilité de durcir la décompression lorsque les facteur qui prédisposent aux accident de décompression augmentent :
  - le froid (température de l'eau inférieure à 20°C)
  - une condition physique en dessous de la moyenne,
  - des plongées multiples ou successives,
  - la fatigue,
  - la déshydratation,
  - les accidents antérieurs,...

Mode personnalisé	Symbol affiché	Conditions	Niveau de sécurité
P0		Conditions idéales	Courbe d'origine
P1		Quelques facteurs de risques présents	Courbes de plus en plus sévères
P2		Plusieurs facteurs de risques présents	

Conditions d'utilisation (2)

Alarmes (visuelles et/ou sonores) :

- programmables par l'utilisateur comme le temps de plongée, la profondeur maxi, une heure précise ou la pression restante dans la bouteille de plongée...
- gérées par l'ordinateur pour le pourcentage de batterie restant, la vitesse maximum de remontée ou le non respect du palier de sécurité obligatoire



- **Multi-gaz** : air et nitrox (réglage manuel des différents pourcentages avec affichage de la pression partielle d'O2 et de la profondeur maximale autorisée)

- **Vitesse de remontée** différente des tables MN90 (10m/min). Souvent, vitesses variables en fonction de la profondeur !

- **Planification** : simulation de plongées successives, affichage de la courbe de sécurité en fonction de l'intervalle surface (intervalle réel ou intervalle prédéfini par l'utilisateur),...

Conditions d'utilisation (3)

Mode d'altitude	Symbol affiché	Zone d'altitude
A0		0 - 300 m
A1		300 - 1500 m
A2		1500 - 3000 m

- **Altitude** : l ’ordinateur de plongée adapte le modèle mathématique en fonction de la zone d’altitude sélectionnée pour donner des temps sans décompression plus courts

- **Palier de sécurité** : paliers de sécurité et paliers obligatoires

  - prise en compte de tous les paramètres de la plongée (profondeurs, temps, vitesse de remontée, réglages personnalisés,...) pour les paliers. Adaptation de l'ordinateur aux différents paramètres.

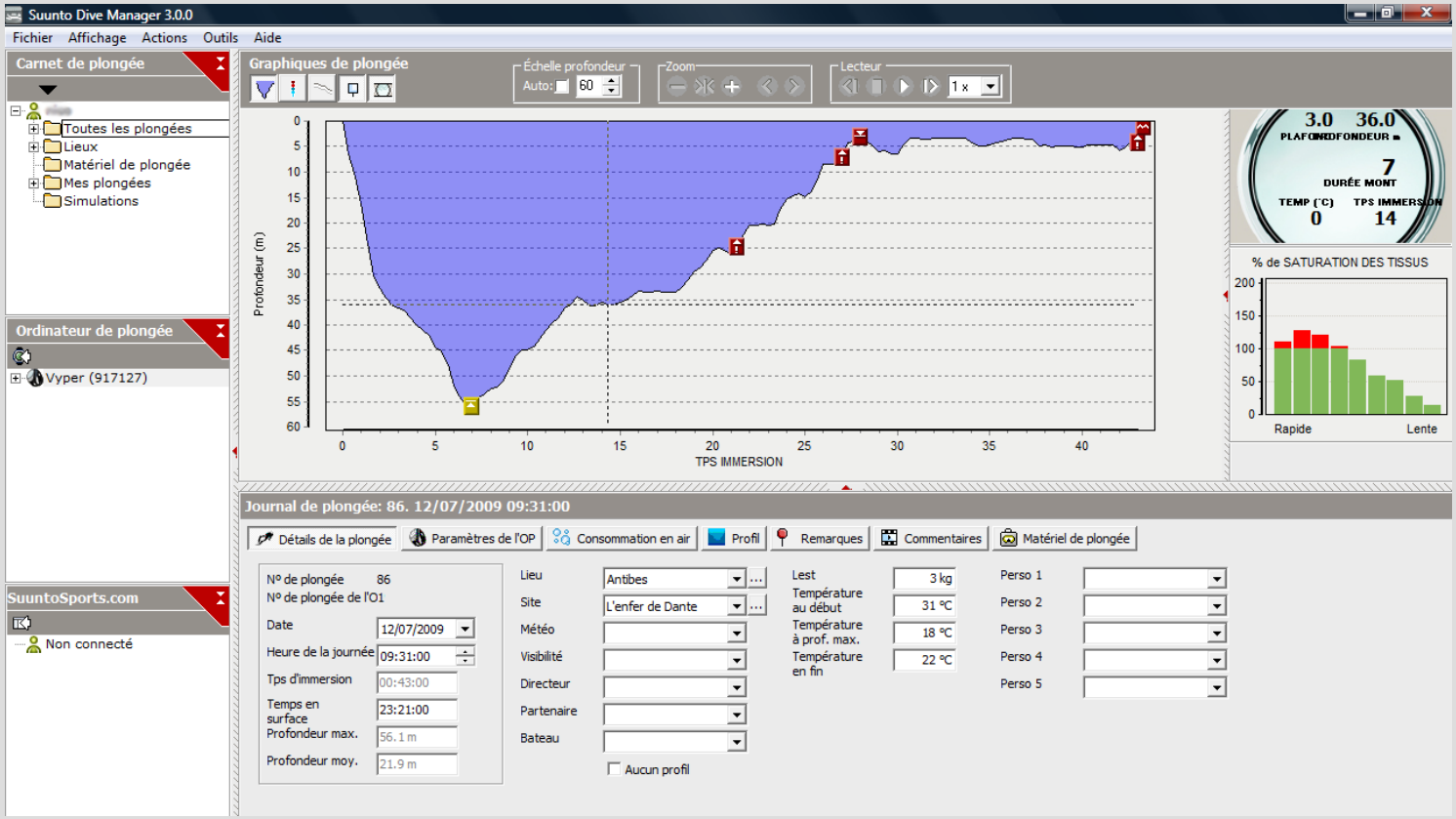
  - Garder à l'esprit que le palier de sécurité ne doit être effectué que s'il n'altère en rien la sécurité du plongeur !

- **Carnet de plongée** : garde en mémoire tous les paramètres des dernières plongées effectuées (durée, profondeur, température,...). Possibilité de faire défiler la plongée par tranches sur l'ordinateur.

En cas d'accident, les ordinateurs de tous les plongeurs de la palanquée sont emportés par les autorités afin d'étudier le profil de la plongée

Conditions d'utilisation (4)

- **Interface PC** : permet de visualiser ses plongées (profil de la plongée), contrôler a posteriori tous les paramètres, garder une trace de chaque plongée. Idéal pour les exercices (ex. *Suunto Dive Manager*)



Les limites d'utilisation

Limites d'utilisation

• **Rester informé** : rappel des modèles par les constructeurs en cas de problèmes (site du constructeur, du revendeur, revues spécialisées,...)

• **Ne pas se prêter** ou s'échanger les ordinateurs entre 2 plongées (avant désaturation complète) : mémoire de la saturation antérieure prise en compte pour les plongées suivantes. Risque de minoration des paramètres pris en compte pour le calcul de la décompression de la 2ème plongée...

• **Ne pas mélanger les procédures** de décompression (plongée à l'ordinateur le matin, aux tables l'après-midi)

• Mauvaise prise en compte des phénomènes physiologiques dans le cas de plongées yo-yo, de profils inversés, de remontées rapides,...

• **Affichage des informations** sur l'écran moins rapide que le calcul effectué par l'horloge de l'ordinateur = retard dans l'affichage (important dans le cas d'évaluation de la vitesse de remontée)

Les limites d'utilisation (2)

• Pour des **plongées carrées** (ex. épave), un ordinateur est plus pénalisant que des tables (marges de sécurité de l'ordinateur)

• **Risque de pannes** ou de blocage (mode erreur) : garder un esprit critique, utiliser les tables de secours obligatoires dans le cas d'une plongée en autonomie !

• **Les piles** : à contrôler avant chaque plongée (prévu dans le protocole de démarrage de l'ordinateur). Ne pas attendre le dernier moment pour les changer !!

• Attention aux différentes **préconisations du constructeur** indiquées dans le mode d'emploi !

> **Ex.** *« Une excursion en altitude peut provoquer une modification de l'équilibre entre la pression d'azote dissous dans le corps humain et la pression ambiante. Lors d'une première plongée en altitude, il est recommandé d'attendre au moins trois heures avant de s'immerger pour permettre au corps de s'adapter au changement de pression atmosphérique. »*

• Risque de **déprogrammation** par les ondes électromagnétiques produites par un téléphone portable

Les limites d'utilisation (3)

1.1. MESURES DE SECURITE

Ne pas tenter d'utiliser le multiordinateur de plongée sans avoir lu ce manuel dans son intégralité, y compris tous les avertissements qui suivent. S'assurer d'avoir bien compris l'utilisation, les affichages et les limites de l'instrument. Pour toute question concernant le manuel ou l'instrument lui-même, contacter un revendeur SUUNTO agréé avant toute plongée.

Ne jamais oublier que CHAQUE PLONGEUR EST RESPONSABLE DE SA PROPRE SECURITE.

Utilisé correctement, l'ordinateur de plongée est un instrument incomparable aidant le plongeur compétent à planifier et réaliser des plongées de type loisir classique ou multiprofondeur sans décompression. IL NE REMPLACE PAS UN ENSEIGNEMENT CONVENABLE ni la connaissance des principes de décompression.

DANGER!

L'ORDINATEUR DE PLONGEE EST DESTINE AUX PLONGEURS EXPERIMENTES. L'ordinateur de plongée ne peut se substituer à un entraînement convenable. Un entraînement insuffisant ou inapproprié peut amener le plongeur à commettre des erreurs pouvant entraîner des blessures graves voire mortelles.

DANGER!

UTILISATION INTERDITE EN PLONGEE PROFESSIONNELLE. Les ordinateurs de plongée SUUNTO sont conçus exclusivement pour la plongée loisir. Les impératifs de la plongée professionnelle soumettent les plongeurs à des profondeurs et à des temps d'immersion susceptibles d'augmenter le risque d'accident de décompression. Par conséquent, SUUNTO recommande expressément de ne pas utiliser l'instrument lors de plongées de type professionnel ou demandant des efforts physiques importants.

Extrait du manuel d'utilisation « Suunto Vyper »

Cohabitation de différents moyens de décompression

Contraintes liées à la décompression dans une palanquée

« Plusieurs plongeurs qui effectuent ensemble une plongée présentant les mêmes caractéristiques de durée, de profondeur et de trajet constituent une palanquée. »

Par sécurité, aucun des plongeurs ne doit dépasser les consignes de sécurité que lui indique son propre système de décompression (vitesse de remontée, paliers,...)

Or, en fonction du mode de décompression qu'ils utilisent (tables, ordinateurs), les plongeurs de la palanquée auront des vitesses de remontées et des paliers différents.

Le guide de palanquée doit donc appliquer une procédure respectant le système de décompression le plus contraignant des plongeurs de la palanquée.

Cela implique que les autres plongeurs vont peut-être effectuer plus de palier que ne leur en indique leur système de décompression, d'où la nécessité de planifier la plongée et l'autonomie en air afin d'éviter une situation ingérable.

Cohabitation de différents modèles d'ordinateurs

Le guide de palanquée peut demander aux plongeurs de le prévenir dès que leur ordinateur indique :

Importance du briefing d'avant plongée !

- une durée (déterminée à l'avance) avant la fin du temps de plongée sans palier s'il souhaite plonger en restant dans la courbe sécurité

- une durée totale de palier (déterminée à l'avance). Penser à la gestion de l'air !

Le guide de palanquée doit **suivre et imposer une vitesse de remontée correspondant à l'ordinateur qui annonce la vitesse la plus lente**.

Si l'ordinateur d'un plongeur indique un palier, toute la palanquée effectue ce palier même si leur ordinateur personnel ne leur en indique pas.

Si les ordinateurs de plusieurs plongeurs indiquent des paliers, toute la palanquée effectue les paliers les plus contraignants à la profondeur donnée. Aucun plongeur ne gagne le palier suivant tant que l'un des plongeurs n'a pas fini son palier à cette profondeur.

En cas de **successive** : chaque plongeur possède (via leur ordinateur) ses propres paramètres de plongée donc cela ne pose aucun problème particulier. Les plongeurs peuvent changer de palanquée entre deux plongées.

Communiquer durant la plongée !

Cohabitation ordinateurs et tables

Le guide de palanquée doit **suivre et imposer une vitesse de remontée correspondant à l'ordinateur qui annonce la vitesse la plus lente**.

Les paliers sont déterminés à la table et, si la vitesse de remontée est inférieure à 15m/min, la durée de remontée doit être prise en compte pour le calcul des paliers (principe de la remontée lente).

En cas de successive : chaque plongeur possède (via leur ordinateur pour certains ou l'heure de sortie et le GPS pour les autres) ses propres paramètres de plongée donc cela ne pose aucun problème particulier. Les plongeurs peuvent changer de palanquée entre deux plongées.